

中华人民共和国国家标准

GB/T 16896.2—2016
代替 GB/T 16896.2—2010

高电压和大电流试验测量用仪器和软件 第 2 部分：对冲击电压和冲击电流试验 用软件的要求

Instruments and software used for measurement in high-voltage and
high-current tests—Part 2: Requirements for software for tests with
impulse voltages and currents

杭州高电

(IEC 61083-2:2013, MOD)

专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务

2016-02-24 发布

2016-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验数据发生器(TDG)	4
4.1 原则	4
4.2 数据格式	4
5 标准冲击参数值和可接受限值	4
6 软件测试	4
6.1 概述	4
6.2 性能测试	5
6.3 GB/T 16927.2—2013 和/或 GB/T 16927.4—2014 中软件的不确定度分量	5
7 软件性能记录	6
附录 A (规范性附录) TDG 冲击波形参数的标准值及其可接受的限值	7
附录 B (资料性附录) 不确定度计算的替代方法	20
附录 C (资料性附录) 试验数据发生器(TDG)程序的说明	26

前 言

GB/T 16896《高电压和大电流试验测量用仪器和软件》分为两个部分：

- 第1部分：对仪器的要求；
- 第2部分：对冲击电压和冲击电流试验用软件的要求。

本部分为 GB/T 16896 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 16896.2—2010《高电压冲击测量仪器和软件 第2部分：软件的要求》。与 GB/T 16896.2—2010 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 更新了试验数据生成器软件；
- 增加了试验数据生成器中的标准冲击波形数量；
- 根据 GB/T 16927.1—2011 和 GB/T 16927.4—2014 的新定义重新计算了所有的标准值；
- 引入了参数评估的不确定度估算的方法并且与 GB/T 16927.2—2013 介绍的程序一致；
- 仅保留资料性附录试验数据发生器(TDG)程序的描述，增加规范性附录 A——TDG 冲击波的标准值及其可接受的限值和资料性附录 B——不确定度评估的替代方法。

本部分采用重新起草法修改采用 IEC 61083-2:2013《高电压和大电流试验测量用仪器和软件 第2部分：对冲击电压和冲击电流试验用软件的要求》。

因国家标准与国际标准结构性差异，在起草本标准时为国际标准原文的部分悬置段增加了条款号，致使其后部分条款号产生变化。

本部分与 IEC 61083-2:2013 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在 2“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 16896.1—2005 代替了 IEC 61083-1:2001；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 16927.1—2011 代替了 IEC 60060-1:2010；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 16927.2—2013 代替了 IEC 60060-2:2010；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 16927.3—2010 代替了 IEC 60060-3:2006；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 16927.4—2014 代替了 IEC 62475:2010；
 - 增加引用了 JJF 1059.1—2012。

——增加了资料性附录 C 试验数据发生器(TDG)程序的描述。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会(SAC/TC 163)归口。

本部分起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、中国电力科学研究院、机械工业第五(西安)计量测试中心站、清华大学、国家高压电器质量监督检验中心、国家高电压计量站、北京华天机电研究所有限公司、国家绝缘子避雷器质量监督检验中心、国家变压器质量监督检验中心、南方电网科学研究院有限责任公司、陕西电力科学研究院、湖北省电力公司电力科学研究院、西安西电变压器有限责任公司、河南平高电气股份有限公司、河南省高压电器研究所、西门子中国有限公司上海分公司、ABB(中国)有限公司。

本部分主要起草人：崔东、王建生、雷民、任稳柱、戚庆成、冯建强、龙兆芝、艾晓宇、王亭、李博、葛震、蒲路、李世成、高超、朱昌成、丁建东、吕建玉、曾其武、闫站正、古龙江、马德军。

本标准所代替标准的历次版本的发布情况为：

- GB/T 16896.2—2010。

高电压和大电流试验测量用仪器和软件

第 2 部分：对冲击电压和冲击电流试验用软件的要求

1 范围

对满足 GB/T 16927.1—2011、GB/T 16927.2—2013、GB/T 16927.3—2010 和 GB/T 16927.4—2014 所规定的测量不确定度和程序的软件，GB/T 16896 的本部分规定了冲击电压和冲击电流试验波形和标准值。

本部分适用于计算冲击试验中记录到的冲击电压和冲击电流参数的软件。

本部分不适用于具有无法接受外部输入数据的内置固件的硬件。

本部分包括：

- 确定必要的试验以表明软件的性能符合相关国家标准的要求；
- 定义与数字处理有关的术语；
- 规定标准冲击波的标准值和可接受的限值；
- 规定性能记录的要求；
- 规定评估测量不确定度软件分量的方法。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16896.1—2005 高电压冲击测量仪器和软件 第 1 部分：对仪器的要求(IEC 61083-1:2001,MOD)

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2010,MOD)

GB/T 16927.2—2013 高电压试验技术 第 2 部分：测量系统(IEC 60060-2:2010,MOD)

GB/T 16927.3—2010 高电压试验技术 第 3 部分：现场试验的定义及要求(IEC 60060-3:2006,MOD)

GB/T 16927.4—2014 高电压和大电流试验技术 第 4 部分：试验电流和测量系统的定义和要求(IEC 62475:2010,MOD)

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注：在 GB/T 16927.1—2011、GB/T 16927.3—2010 和 GB/T 16927.4—2014 中相关条款中给出的有关冲击参数的其他定义参见表 1 和表 2。

3.1

原始数据 raw data

数字记录仪将模拟信号转化为数码形式时采集并量化信息的原始记录,它可能已校正了偏置或乘了刻度因数。

3.2

处理后数据 processed data

原始数据通过任何处理(偏置校正和/或与固定的刻度因数相乘除外)后获得的数据。

3.3

内部噪声水平 internal noise level

当恒定电压施加在数字记录仪的输入端时,所记录采样值的标准偏差。

3.4

标准冲击 reference impulse

由试验数据发生器(TDG)提供的波形。

3.5

采样率(采样频率) sampling rate

单位时间内采样数。

3.6

分辨率(数字化处理中的) resolution(in digital processing)

准确度的量度,通过数字化系统能将两个信号采样的大小区分出来。

注:分辨率通常以位数来表示,它是对可能的不同信号水平表达为二进制形式时系统能够识别的最大数量。

3.7

试验数据发生器 test data generator;TDG

生成数字化标准数据文件的计算机程序,提供了合成的和记录的标准冲击波形。

表 1 冲击电压参数定义对应标准条款

冲击组/计算方法	GB/T 16927.1—2011						GB/T 16927.3—2010						
	U_t	T_p	β	T_1	T_c	T_2	U_c	平均上升率	U_t	到峰值时间	T_1	T_2	f
雷电冲击全波电压(LI)	7.1.3 附录 B		7.1.15 附录 B	7.1.17 附录 B		7.1.21 附录 B	7.1.9	7.1.19	(8.2.4)	(8.2.5)	(8.2.7)		
波前截断雷电冲击电压(LIC-A1, LIC-M1 到 LIC-M3)	7.1.25			7.1.27			7.1.9	7.1.19					
波尾截断雷电冲击电压(LIC-M4 到 LIC-M5)	7.1.25 附录 B		7.1.15 附录 B	7.1.17 附录 B	7.1.27 附录 B		7.1.9	7.1.19					
操作冲击电压(SI)	8.1.2	8.1.3				8.1.5			(9.2.3)	(9.2.4)	(9.2.5)		
振荡雷电冲击电压(OLI)									8.2.4	8.2.5	8.2.7	9.2.6	9.2.6
振荡操作冲击电压(OSI)									9.2.3	9.2.4	9.2.5		9.2.6

注：GB/T 16927.3—2010 中的一些参数(表中带括号项目)的定义不同于 GB/T 16927.1—2011。对于 GB/T 16927.3—2010,仅给出了振荡雷电冲击和振荡操作冲击参数的标准值。

表 2 冲击电流参数定义对应标准条款

冲击组/计算方法	GB/T 16927.4—2014				
	I_p	T_1	T_2	T_d	T_t
	电流峰值	波前时间	半峰值时间	持续时间	总持续时间
指数冲击电流 (IC-M1 到 IC-M7, IC-M9)	10.2.3	10.2.4	10.2.6		
矩形冲击电流 (IC-M8)	10.2.3			10.2.7	10.2.8

4 试验数据发生器 (TDG)

4.1 原则

用被试软件对试验数据发生器 (TDG) 提供的标准冲击波形进行处理, 由处理得到的数据计算出的参数应在附录 A 给出的可接受限值内, 以验证被试软件的性能。

TDG 是本部分的组成部分, 其编译代码适用于 Windows¹⁾ 操作系统, 它是一个有内置帮助文件的菜单操作程序。附录 C 给出 TDG 的说明。

4.2 数据格式

由 TDG 产生的标准数据文件是模拟从用户的数字记录仪得到的原始数据。标准数据文件编写成两列 ASCII 码格式。它们各自的值以秒和伏 (或安培) 为单位给出。如果被试软件要求的数据格式或数值范围与 TDG 提供的数据格式或数值范围不对应, 应使用适当的变换程序。

注: 本部分不适用于不能直接或以变换的方式读出 TDG 标准冲击波形的软件。

5 标准冲击参数值和可接受限值

经过多个实验室的多轮试验, 各实验室依据表 1 和表 2 独立计算出标准冲击波形的参数值。试验的统计平均值取为参数的标准值。

为了使用方便, 本部分已经给出了可接受限值。

标准冲击波形的参数值见表 A.1~表 A.6。

6 软件测试

6.1 概述

TDG 提供数据文件模拟数字记录仪的输出, 来测试用于确定 GB/T 16927.1—2011、GB/T 16927.3—2010 和 GB/T 16927.4—2014 所规定的冲击参数的被试软件。这些标准的相关条款见表 1 和表 2。

按照冲击类型, TDG 将冲击波形分为 6 组:

- LI: 雷电冲击全波;
- LIC: 雷电冲击截波;

1) Windows 是微软公司产品的商标名称。给出此信息是为了标准使用者的便利, 并不包含对此产品的认可。如果能够表明有相同的结果也可以使用等效的产品。

- SI:操作冲击波;
- IC:冲击电流波;
- OLI:振荡雷电冲击波;
- OSI:振荡操作冲击波。

6.2 性能测试

通过计算所选组(如 LI 组)的所有标准冲击波形来进行一种算法的性能测试。

应对每种计算方法以及与应用相关的每组波形的采样率、分辨率和噪声水平进行性能测试。

在试验中实际使用的计算方法与依据本标准验证的算法(其结果也被记入性能记录中)一致性的证明依据应作为性能记录的一部分。

可以对表 1 和表 2 所列冲击组的一种、多种或者所有的计算方法进行性能测试。

TDG 的设置应选择与使用该软件的数字记录仪(或多台记录仪)的设置相匹配,包括采样率、分辨率和内部噪声水平的选择。由此产生的 TDG 记录,模拟了数字记录仪记录时所选择的标准冲击波输出。标准冲击波形在附录 A 中给出。

用户选择的用来评估算法的每个标准冲击波由 TDG 产生,并作为软件的输入替代数字记录仪的实际输出。测试时,由软件确定的参数值与附录 A 中给出的可接受限值进行比较。如果被试软件对某一组所有冲击计算的参数值在该组规定的可接受限值范围内,则可判断被试软件通过该组测试。

6.3 GB/T 16927.2—2013 和/或 GB/T 16927.4—2014 中软件的不确定度分量

依据 GB/T 16927.2—2013 和/或 GB/T 16927.4—2014 标准进行不确定度计算时,应包括来自所采用软件的不确定度分量,由附录 A 相关参数的可接受限值来获得。对于某个参数的软件标准不确定度分量,可按 B 类不确定度,通过如下简化方法从附录 A 所示的相关波形($i = 1 \dots n$)的可接受限值半宽的最大值计算获得:

$$u_{B7} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{i=1}^n (\text{可接受限值的半宽}) \dots\dots\dots (1)$$

这些标准不确定度分量列在表 3 中。

关于术语和定义见 GB/T 16927.2—2013 或 GB/T 16927.4—2014,尤其是两个标准的 3.6、4.6、5.9 和附录 A。符号 u_{B7} 中 B7 与这两个标准中编号一致(5.2.1.3~5.9)。

根据本部分被测参数的可接受范围是附录 A 中给出的标准值加上/减去其可接受限值。

当用软件来计算不同类型的冲击波形时(见表 1 和表 2),每个类型可能有不同的标准不确定度。

如果计算的标准不确定度过大,可以使用附录 B 给出的替代方法或者用符合 JJF 1059.1—2012 的方法进行计算。

表 3 采用简化程序时总不确定度中的软件标准不确定度分量

冲击组/计算方法	U_i, U_p, I_p %	T_1, T_p, T_d %	T_2, T_c %	β' %
LI	0.058	1.2	0.58	0.58
LIC	0.58	1.2	1.2	0.58
SI	0.29	2.9	1.2	
IC	0.58	1.2	1.2	
OLI	0.29	1.2	1.2	
OSI	0.29	1.2	1.2	

7 软件性能记录

应在测量系统的性能记录中给出验证软件有效的计算方法(见 GB/T 16896.1—2005、GB/T 16927.2—2013 和 GB/T 16927.4—2014)。

性能记录应包括:

- TDG 的版本号及其相关设置;
- 被试软件的名称、版本号及发布日期;
- 软件测试时所采用的算法类型;
- 软件测试和通过测试的参数清单。

附录 A
(规范性附录)

TDG 冲击波形参数的标准值及其可接受的限值

表 A.1 雷电冲击全波(LI)参数的标准值及其可接受的限值

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	U _t		T ₁		T ₂		β'	
		标准值 kV	可接受限值 U _t %	标准值 μs	可接受限值 T ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₂ %	标准值 %	可接受限值 % , abs.
LI-A1		1 049.6	±0.10	0.840	±2	60.16	±1.0	0.0	±1
LI-A2		1 037.6	±0.10	1.693	±2	47.48	±1.0	5.1	±1
LI-A3		1 000.2	±0.10	1.117	±2	48.15	±1.0	4.6	±1
LI-A4		856.01	±0.10	0.841	±2	47.80	±1.0	7.9	±1

表 A.1 (续)

TDG 中的 波形编号	标准冲击波	描述	U ₁		T ₁		T ₂		β'	
			标准值 kV	可接受限值 U ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₂ %	标准值 %	可接受限值 %, abs.
LI-A5		过冲 8% f = 200 kHz	71.972	±0.10	1.711	±2	47.71	±1.0	7.7	±1.0
LI-A6		过冲 18% f = 200 kHz	100.17	±0.10	1.762	±2	41.58	±1.0	17.7	±1.0
LI-A7		过冲 20% f = 200 kHz	104.35	±0.10	2.122	±2	38.36	±1.0	20.1	±1.0
LI-A8		过冲 15% f = 250 kHz	96.012	±0.10	1.503	±2	44.92	±1.0	14.8	±1.0
LI-A9		过冲 4% f = 300 kHz	55.928	±0.10	1.215	±2	55.74	±1.0	4.0	±1.0

表 A.1 (续)

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U _t		T ₁		T ₂		β'	
			标准值 kV	可接受限值 U _t %	标准值 μs	可接受限值 T ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₂ %	标准值 %	可接受限值 %, abs.
LI-A10		过冲 12% f=400 kHz	81.929	±0.10	0.924	±2	42.66	±1.0	12.0	±1.0
LI-A11		过冲 4% f=800 kHz	86.597	±0.10	0.578	±2	56.37	±1.0	4.1	±1.0
LI-A12		过冲 2% f=900 kHz	85.584	±0.10	0.587	±2	57.36	±1.0	2.3	±1.0
LI-M1		波前振荡	952.09	±0.10	1.123	±2	85.60	±1.0	2.1	±1.0
LI-M2		长持续时间 过冲	-1 041.7	±0.10	3.356	±2	61.25	±1.0	9.2	±1.0

表 A.1 (续)

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_i		T_1		T_2		β'	
			标准值 kV	可接受限值 U_i , %	标准值 μ s	可接受限值 T_1 , %	标准值 μ s	可接受限值 T_2 , %	标准值 %	可接受限值 %, abs.
LI-M3		短持续时间 过冲	-1 026.5	± 0.10	2.150	± 2	41.75	± 1.0	9.2	± 1.0
LI-M4		振荡, 变压 器测试	-267.14	± 0.10	0.987	± 2	56.22	± 1.0	4.8	± 1.0
LI-M5		振荡, 变压 器测试	-55.003	± 0.10	2.746	± 2	42.11	± 1.0	18.7	± 1.0
LI-M6		振荡, 变压 器测试	-166.87	± 0.10	1.356	± 2	54.74	± 1.0	3.8	± 1.0
LI-M7		振荡, 变压 器测试	-1 272.3	± 0.10	1.482	± 2	50.03	± 1.0	11.2	± 1.0

表 A.1 (续)






TDG 中的 波形编号	标准冲击波	描述	U _i		T ₁		T ₂		β'	
			标准值 kV	可接受限值 U _i %	标准值 μs	可接受限值 T ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₂ %	标准值 %	可接受限值 % abs.
LI-M8		长波前， 光滑	-99.732	±0.10	1.515	±2	49.36	±1.0	-0.5	±1.0
LI-M9		短波前，少 许过冲	-100.04	±0.10	0.828	±2	46.65	±1.0	1.4	±1.0
LI-M10		波前剧烈 振荡	100.26	±0.10	1.666	±2	60.85	±1.0	0.0	±1.0
LI-M11		波前剧烈 振荡	299.32	±0.10	1.661	±2	60.95	±1.0	-0.5	±1.0
LI-M12		偏置水平漂 移，峰值处 有振荡	-4.319 3	±0.10	1.292	±2	52.27	±1.0	-1.8	±1.0

表 A.1 (续)





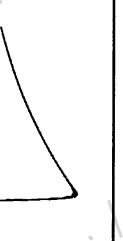
TDG 中的 波形编号	标准冲击波	描述	U _i		T ₁		T ₂		β'	
			标准值 kV	可接受限值 U _i %	标准值 μs	可接受限值 T ₁ %	标准值 μs	可接受限值 T ₂ %	标准值 %	可接受限值 %, abs.
LI-M13		起始振荡	39.460	±0.10	1.537	±2	46.94	±1.0	1.8	±1.0
LI-M14		起始振荡， 有过冲	48.549	±0.10	0.933	±2	37.48	±1.0	4.3	±1.0
LI-M15		起始振荡， 有过冲	497.97	±0.10	1.017	±2	59.19	±1.0	-0.1	±1.0
LI-M16		波前振荡	369.21	±0.10	0.920	±2	47.53	±1.0	0.8	±1.0
LI-M17		波前及峰值 处剧烈振荡	-99.346	±0.10	1.775	±2	53.31	±1.0	1.3	±1.0

表 A.2 雷电冲击截波(LIC)的标准值及其可接受的限值

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p, U_t		T_1		T_c		β	
			标准值 kV	可接受限值 U_t % 或 U_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_1 %	标准值 μ s	可接受限值 T_c %	标准值 %	可接受限值 %, abs.
LIC-A1		波前截断雷 电冲击	872.2	± 1.0			0.543	± 2		
LIC-M1		波前振荡, 波前截断	850.0	± 1.0			0.569	± 2		
LIC-M2		波前截断	0.289 0	± 1.0			0.514	± 2		
LIC-M3		波前截断	-0.303 6	± 1.0			0.568	± 2		
LIC-M4		波尾截断	0.147 8	± 1.0	1.305	± 2	6.00	± 2	-0.2	± 1

表 A.2 (续)



TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p, U_t		T_1		T_c		β'	
			标准值 kV	可接受限值 $U_t, \%$ 或 $U_p, \%$	标准值 μs	可接受限值 $T_1, \%$	标准值 μs	可接受限值 $T_c, \%$	标准值 %	可接受限值 $\%, \text{abs.}$
LIC-M5		波尾截断	-389±2.9	±1.0	0.857	±2	9.24	±2	6.8	±1

表 A.3 操作冲击波 (SI) 参数的标准值及其可接受的限值

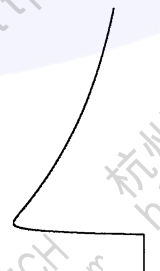
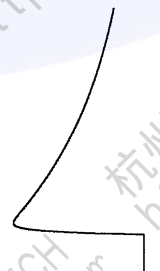

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_p		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 $U_p, \%$	标准值 μs	可接受限值 $T_p, \%$	标准值 μs	可接受限值 $T_2, \%$
SI-A1		操作冲击, 250/2 500	950.28	±0.10	250.7	±2	2 512	±2
SI-A2		操作冲击, 20/1 300	0.987 67	±0.10	19.89	±2	1 321	±2

表 A.3 (续)

TDC 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_p		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 U_p %	标准值 μs	可接受限值 T_p %	标准值 μs	可接受限值 T_2 %
SI-A3		操作冲击, 43/4 000	99.219	± 0.10	43.08	± 2	3 987	± 2
SI-M1		变压器试验实 测的操作冲击	-0.590 7	± 0.5	186.6	± 5	655	± 2
SI-M2		实测的操 作冲击	3.680	± 0.5	218	± 5	2 407	± 2

表 A.4 冲击电流波(IC)参数的标准值及其可接受的限值



TDC 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	I_p		T_1, T_d		T_2, T_t	
			标准值 kA	可接受限值 I_p %	标准值 μs	可接受限值 T_1 %或 T_d %	标准值 μs	可接受限值 T_2 %或 T_t %
IC-M1		冲击电流, 8/20	-10.001	± 0.2	8.82	± 2	21.31	± 2

表 A.4 (续)

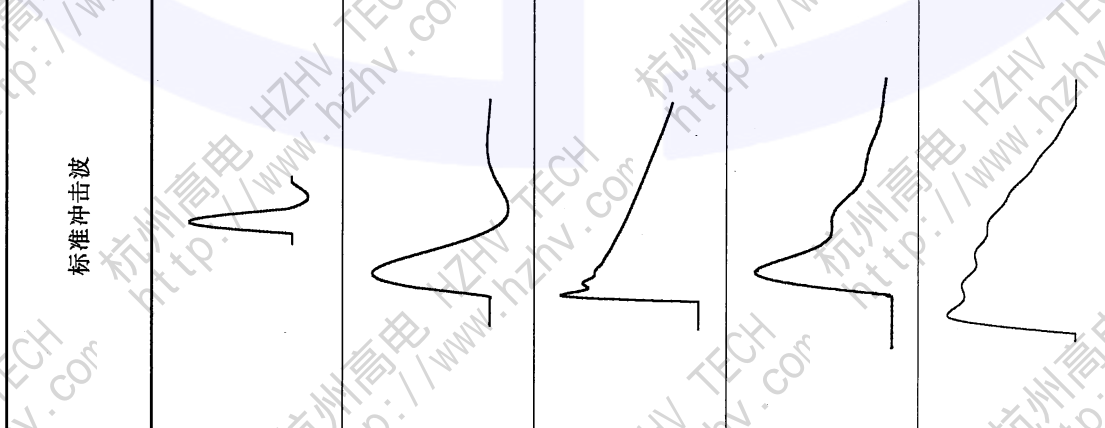





TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	I_p		T_1, T_d		T_2, T_r	
			标准值 kA	可接受限值 I_p %	标准值 μs	可接受限值 T_1 %或 T_d %	标准值 μs	可接受限值 T_2 %或 T_r %
IC-M2		冲击电流, 4/10	100.42	± 0.2	4.237	± 2	9.13	± 2
IC-M3		冲击电流, 8/20	64.28	± 0.2	7.75	± 2	20.53	± 2
IC-M4		冲击电流, 10/350	100.00	± 0.2	23.47	± 2	398.9	± 2
IC-M5		冲击电流 Ah-分量	150.01	± 0.2	17.09	± 2	48.34	± 2
IC-M6		冲击电流, 30/300	12.464	± 0.2	27.91	± 2	274.0	± 2

表 A.4 (续)

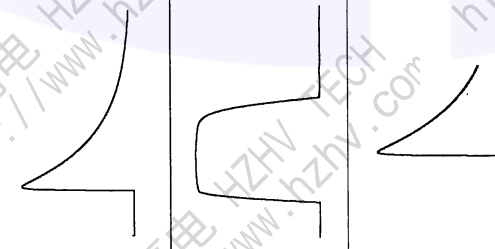



TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	I_p		T_1, T_d		T_2, T_r	
			标准值 kA	可接受限值 I_p %	标准值 μs	可接受限值 T_1 % 或 T_d %	标准值 μs	可接受限值 T_2 % 或 T_r %
IC- M7		冲击电流, 1/15	20.495	± 0.2	1.009	± 2	17.65	± 2
IC- M8		矩形冲击 电流	0.229 4	± 1.0	2 051	± 2	2 678	± 2
IC- M9		冲击电流, 1/15	10.156	± 0.2	0.968	± 2	17.68	± 2

表 A.5 振荡雷电冲击波(OLJ)参数的标准值及其可接受的限值


TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_1		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 U_p %	标准值 μs	可接受限值 T_1 %	标准值 μs	可接受限值 T_2 %
OLI-M1	振荡雷电冲击波, $f=110$ kHz		203.3	± 0.5	3.280	± 2	32.89	± 2

表 A.5 (续)

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_1		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 U_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_1 %	标准值 μ s	可接受限值 T_2 %
OLI-M2		振荡雷电冲击波, $f=60$ kHz	203.1	± 0.5	5.80	± 2	52.0	± 2
OLI-M3		振荡雷电冲击波, $f=35$ kHz	201.7	± 0.5	9.68	± 2	83.0	± 2
OLI-M4		振荡雷电冲击波, $f=70$ kHz	-809.9	± 0.5	4.935	± 2	69.1	± 2

表 A.6 振荡操作冲击(OSI)参数的标准值及其可接受的限值



TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_p		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 U_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_2 %
OSI-M1		振荡操作冲击波, $f=4.7$ kHz	204.2	± 0.5	110.7	± 2	1 346	± 2

表 A.6 (续)

TDG 中的 波形编号	标准冲击波 	描述	U_p		T_p		T_2	
			标准值 kV	可接受限值 U_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_p %	标准值 μ s	可接受限值 T_2 %
OSI-M2		振荡操作冲击波, $f=2.0$ kHz	202.9	± 0.5	248.9	± 2	1 779	± 2
OSI-M3		振荡操作冲击波, $f=3.6$ kHz	784.6	± 0.5	144.7	± 2	1 365	± 2
OSI-M4		振荡操作冲击波, $f=8.3$ kHz	-1 521.1	± 0.5	63.2	± 2	1 215	± 2

附录 B
(资料性附录)
不确定度计算的替代方法

B.1 标准值的不确定度

表 B.1~表 B.6 给出了计算过程。参数的标准值是这个参数 n 个独立实验室计算值的平均值 \bar{x} ：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

n 个独立观测值的实验标准偏差是：

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

扩展不确定度是：

$$U_x = t \times \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

其中 t 分布上的因数置信因数水平为 95% ($k=2$)。

注：超过总体样本标准偏差 3 倍的样本，不包括在平均值 \bar{x} 及其扩展不确定度 U_x 的计算中。

计算的标准不确定度应低于表 A.1~表 A.6 给出的可接受限值，高于估算的标准不确定度；另一方面，表 A.1~表 A.6 给出的可接受限值在计算标准不确定度和 GB/T 16927.2—2013 和 GB/T 16927.4—2014 为系统设定的总不确定度之间。

B.2 软件不确定度分量的计算

作为 6.3 的替代方法，可用参数的标准值 x_{REF} 和被试软件的计算值之间的差值来计算不确定度。

在关于描述的软件的算法被试软件在识别对 n 个波形计算后，用计算观察到值的与标准值的最大差值来计算不同可以用来获得标准不确定度的第一个分量：

$$u_{B71} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{i=1}^n \left| \frac{x_i - x_{REF,i}}{x_{REF,i}} \right| \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

对 β' 的不确定度，不确定度用下式计算：

$$u_{B71} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{i=1}^n |\beta'_i - \beta'_{REF,i}| \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

此外，应考虑标准值的不确定度。为此，在表 B.1~表 B.6 中列出了确定每个标准值的平均值 (\bar{x})、扩展不确定度 (U_x) 及观察到的次数 n 。在表中，扩展不确定度给出的置信水平为 95% ($k=2$)。

标准不确定度的第二个分量由下式给出：

$$u_{B72} = \frac{1}{2} \max_{i=1}^n U_{x,i} \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

其中 $U_{x,i}$ 是 $x_{REF,i}$ 的扩展不确定度。

软件的标准不确定度由下式给出：

$$u_{B7} = \sqrt{u_{B71}^2 + u_{B72}^2} \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

B.3 示例

B.3.1 概述

以计算雷电冲击截波峰值的软件不确定度 u_{B7} 为例,附录 A 的 LIC-A1 和 LIC-M1 到 M5 给出了相关波形。表 B.7 给出了如下信息:

- 取自附录 A 的标准值和可接受限值;
- 取自附录 B 的扩展不确定度值;
- 试验中软件计算值及其与标准值的偏差。

B.3.2 按照 6.3 计算

所有与标准值的偏差在可接受限值范围内。得出的不确定度分量是:

$$u_{B7} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times 1\% = 0.58\%$$

B.3.3 按照附录 B 计算

较低的不确定度分量可以用标准值的不确定度及与标准值的偏差来求取。根据本附录可以得到:

$$u_{B71} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times 0.36\% = 0.21\%$$

$$u_{B72} = \frac{1}{2} \times 0.07\% = 0.04\%$$

$$u_{B7} = \sqrt{u_{B71}^2 + u_{B72}^2} = \sqrt{0.21\%^2 + 0.04\%^2} = 0.21\%$$

表 B.1 雷电冲击波标准值的扩展不确定度(U_x)

LI	U_t			T_1			T_2			β'			U_c			平均上升率 kV/ μ s		
	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} %	U_x %, abs.	n	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} kV/ μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
LI-A1	1 049.60	0.002	8	0.839 84	0.011	8	60.156	0.003	8	0.001	0.003	5	1 049.588	0.000 1	6	1 193	0.5	3
LI-A2	1 037.63	0.008	8	1.693	0.12	8	47.479	0.011	8	5.14	0.02	7	1 049.906	0.000 7	6	547	0.7	3
LI-A3	1 000.2	0.02	8	1.117	0.3	8	48.15	0.04	8	4.575	0.007	7	1 023.67	0.002	6	914	0.2	3
LI-A4	856.01	0.005	8	0.841	0.3	8	47.802	0.012	8	7.88	0.02	7	874.260	0.000 0	6	1 020	1.0	3
LI-A5	71.972	0.006	8	1.711	0.3	8	47.705	0.02	8	7.74	0.05	7	72.536 0	0.000 0	6	43.30	0.14	3
LI-A6	100.170	0.005	8	1.762	0.4	8	41.576	0.02	8	17.73	0.02	7	101.930 0	0.000 0	6	59.66	0.2	3
LI-A7	104.349	0.011	8	2.122	0.5	8	38.36	0.04	8	20.15	0.07	7	105.878 6	0.000 7	6	51.7	0.3	3
LI-A8	96.012	0.009	8	1.503	0.3	8	44.924	0.02	8	14.75	0.03	7	97.812 8	0.000 6	6	66.3	0.6	3
LI-A9	55.928	0.007	8	1.215 2	0.12	8	55.737	0.015	8	4.02	0.02	7	56.271 0	0.000 0	6	47.0	0.4	3
LI-A10	81.929	0.009	8	0.924	0.4	8	42.659	0.02	8	12.01	0.05	7	84.338 0	0.000 0	6	89.5	0.4	3
LI-A11	86.597	0.004	8	0.578	0.3	8	56.367	0.009	8	4.066	0.010	7	87.902 7	0.000 2	6	149	1.4	3
LI-A12	85.584	0.004	8	0.5874	0.2	8	57.358	0.009	8	2.267	0.007	7	86.194 0	0.000 0	6	147.4	0.8	3
LI-M1	952.09	0.007	8	1.123	0.4	8	85.603	0.02	8	2.082	0.003	7	960.13	0.005	6	845	0.6	3
LI-M2	-1 041.7	0.015	8	3.356	0.09	8	61.249	0.006	8	9.18	0.02	7	-1 070.04	0.008	6	-267.2	0.5	3
LI-M3	-1 026.5	0.02	8	2.150	0.13	8	41.749	0.015	8	9.17	0.02	7	-1 070.07	0.006	6	-399.4	0.3	3
LI-M4	-267.14	0.03	7	0.987	0.4	6	56.22	0.06	7	4.82	0.02	5	-276.986	0.003	6	-266.3	0.15	3
LI-M5	-55.003	0.010	8	2.746	0.4	8	42.11	0.05	8	18.71	0.08	7	-56.401	0.015	6	-20.66	0.3	3
LI-M6	-166.865	0.005	8	1.355 6	0.02	8	54.739	0.007	8	3.837	0.014	7	-169.921	0.001	6	-119.9	0.5	3
LI-M7	-1 272.3	0.02	8	1.482	0.3	8	50.03	0.05	8	11.20	0.04	7	-1 296.6	0.013	6	-907	1.0	3

表 B.1 (续)

LI	U_t		T_1		T_2		β'			U_x			平均上升率 kV/ μ s		
	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} %	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %, abs.	n	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} kV/ μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
LI-M8	-99.732	0.004	1.514 7	0.08	49.358	0.004	-0.55	0.02	7	-99.709	0.002	6	-65.0	0.3	3
LI-M9	-100.035	0.006	0.828 3	0.08	46.654	0.02	1.382	0.007	7	-100.761	0.004	6	-119.4	0.6	3
LI-M10	100.258	0.004	1.666	0.09	60.853	0.003	-0.007	0.011	6	100.867	0.003	6	48.7	2	3
LI-M11	299.324	0.004	1.661 1	0.07	60.946	0.005	-0.457	0.002	7	300.482	0.002	6	161.9	0.3	3
LI-M12	-4.319 3	0.008	1.292	0.2	52.266	0.011	-1.76	0.05	7	-4.326 09	0.003	6	-3.35	2	3
LI-M13	39.460	0.004	1.537	0.2	46.937	0.013	1.763	0.014	7	39.605 1	0.002	6	26.12	0.2	3
LI-M14	48.549	0.012	0.933	0.2	37.479	0.04	4.27	0.04	7	49.213	0.015	6	54.4	0.5	3
LI-M15	497.97	0.005	1.016 6	0.11	59.187	0.007	-0.08	0.02	7	499.945	0.002	6	477	0.6	3
LI-M16	369.21	0.005	0.919 8	0.10	47.531	0.010	0.833	0.006	7	371.709	0.003	6	390	4	3
LI-M17	-99.346	0.003	1.774 7	0.04	53.312 4	0.002	1.327	0.003	7	-101.21	0.05	6	-45.8	1.1	3

表 B.2 雷电冲击截波标准值的扩展不确定度(U_x)

LIC	U_p, U_t		T_1		T_2		β'			U_x			平均上升率 kV/ μ s		
	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	\bar{x} %	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %, abs.	n	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} kV/ μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
LIC-A1	872.21	0.005	5		0.543 01	0.005			5						
LIC-M1	850.0	0.07	5		0.569 1	0.12			5						
LIC-M2	0.289 03	0.02	5		0.514	0.4			5						
LIC-M3	-0.303 60	0.02	4		0.567 9	0.2			5						
LIC-M4	0.147 81	0.03	6	0.6	6.00	0.3	-0.16	0.05	5	0.148 0	0.2	4	0.114	3	3
LIC-M5	-389.9	0.05	6	0.9	9.24	0.2	6.85	0.04	5	-397.8	0.04	4	-452	3	3

表 B.3 操作冲击波标准值的扩展不确定度(U_x)

SI	I_p			T_1			T_2		
	\bar{x} kA	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
SI-A1	950.28	0.004	6	251	0.8	5	2 512.5	0.02	6
SI-A2	0.987 67	0.004	6	19.9	2	5	1 320.79	0.009	6
SI-A3	99.218 6	0.001 3	6	43.1	2	5	3 987.3	0.011	6
SI-M1	-0.590 7	0.11	6	187	3	6	655	1.4	6
SI-M2	3.680	0.13	6	218	4	5	2 410	2	6

表 B.4 冲击电流波标准值的扩展不确定度(U_x)

IC	I_p			T_1			T_2		
	\bar{x} kA	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
IC-M1	-10.001	0.08	6	8.822	0.03	6	21.313	0.02	6
IC-M2	100.418	0.009	6	4.237 12	0.003	5	9.127 3	0.004	5
IC-M3	64.281	0.011	6	7.747 1	0.010	6	20.533	0.013	6
IC-M4	100.001	0.003	6	23.470	0.007	6	399	0.6	6
IC-M5	150.01	0.05	6	17.09	0.5	6	48.34	0.3	6
IC-M6	12.464	0.02	6	27.914	0.008	6	274.014	0.004	6
IC-M7	20.495	0.02	6	1.009	0.3	6	17.648	0.06	6
IC-M8	0.229 37	0.04	5	2 050.54	0.007	5	2 678.3	0.009	5
IC-M9	10.155 8	0.009	4	0.967 6	0.06	5	17.68	0.3	5

表 B.5 振荡雷电冲击波标准值的扩展不确定度(U_x)

OLI	U_p			T_1			T_2			f		
	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} Hz	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
OLI-M1	203.3	0.14	6	3.280	0.3	6	32.9	0.8	6	111.3	0.8	6
OLI-M2	203.1	0.10	6	5.802	0.13	6	52.0	0.7	6	60.9	0.3	6
OLI-M3	201.7	0.10	6	9.68	0.2	6	83.0	0.5	6	36.4	0.5	6
OLI-M4	-809.9	0.11	6	4.935	0.2	6	69.1	0.3	6	71.9	0.3	6

表 B.6 振荡操作冲击波标准值的扩展不确定度 (U_x)

OSI	U_p			T_p			T_2			f		
	\bar{x} kV	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} μ s	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n	\bar{x} Hz	$\frac{U_x}{\bar{x}}$ %	n
OSI-M1	204.2	0.2	6	110.7	0.3	5	1 346	0.7	6	4.721	0.15	6
OSI-M2	202.9	0.10	6	248.9	0.2	5	1 780	1.3	6	2.048	0.4	6
OSI-M3	784.6	0.09	6	144.72	0.10	5	1 370	1.3	6	3.55	1.1	6
OSI-M4	—1 521	0.13	6	63.2	0.3	5	1 215	1.0	6	8.33	0.9	6

表 B.7 不确定度计算示例

波形	标准值 (取自表 A.2)	可接受的限值 (取自表 A.2)	标准值的扩展不确定度 (取自表 A.2)	计算值	与标准值的偏差
	$x_{REF,i}$ kV	%	U_i %	x_i kV	$\frac{ x_i - x_{REF,i} }{x_{REF,i}}$ %
LIC-A1	872.2	1.0	0.005	873.4	0.14
LIC-M1	850.0	1.0	0.07	851.4	0.16
LIC-M2	0.289 0	1.0	0.02	0.288	0.36
LIC-M3	—0.303 6	1.0	0.02	—0.303 9	0.10
LIC-M4	0.147 8	1.0	0.03	0.148 3	0.33
LIC-M5	389.9	1.0	0.05	—391	0.28
最大值			0.07		0.36

附录 C

(资料性附录)

试验数据发生器(TDG)程序的说明

C.1 TDG 程序概述

TDG 程序是给用于确定冲击波形参数(GB/T 16927.1—2011、GB/T 16927.3—2010、GB/T 16927.4—2014)的被试软件提供数据组(相应标准暂态数字记录仪的输出文件)的软件程序。

这种综合的试验数据发生器包括一些综合冲击波形以及数字记录波形库。每个波形可以作为 ASCII 文件输出,并作为评价软件的冲击波形输入与一个给定的数字仪器结合来验证软件参数计算的不确定度。

为提供与数字记录仪性能匹配的试验数据输入,设定的参数应模拟数字记录仪的参数,包括有效的分辨率和采样率。本软件的处理所得的 GB/T 16927.1—2011 中定义的参数与本部分给出的参考值比较以确定评估算法的不确定度。

程序打开两个窗口,设置窗口:数字化仪参数和波形参数输入,图形窗口:显示波形。随着数字记录仪和波形设置的改变,结果会在图形窗口更新。模拟数据文件以文本文件输出,同时作为验证分析软件的输入文件。

C.2 图形窗口

图形窗口显示波形的模拟示波器的屏幕图像。

C.2.1 放大与缩小

通过点击和拖动鼠标的左键来控制缩放功能框,用户就能根据波形显示的特征来放大或缩小波形。当放开鼠标按键时,视图将缩放选择的区域。如果图像放的足够大,就会看到记录仪的时间和电压步长。需要缩小区域,则单击鼠标右键,或选择“浏览”菜单中的缩放。如果是在打印命令后,那么打印图像会显示与缩放区域相同的图像区域。若要恢复整个屏幕的显示,单击工具栏上的“自动调整”按钮。

图形窗口也有一个带有以下命令的标准菜单栏和工具条。

C.2.2 文件菜单

文件菜单包括:

- 打印:打开“Print”对话框,然后打印与当前可视窗口缩放设置相同的图像。
- 打印预览:预览即将打印的内容。
- 打印设置:选择打印机,或更改打印机设置。
- 退出:关闭所有窗口,并退出 TDG 软件。

C.2.3 浏览菜单

浏览菜单包括:

- 工具栏:显示或隐藏工具栏
- 状态栏:显示或隐藏状态栏
- 自动比例调整:恢复期正常尺寸显示,显示满幅的波形(全时间跨度和数字化记录仪的动态范

围)。可以使用鼠标来放大波形和浏览波形的细节。

——缩小:通过两个因素缩小波形的视图。单击鼠标右键,也可执行缩小命令。

C.2.4 帮助菜单

帮助菜单包括:

——关于 TDG:该菜单项显示版权及免责声明在一个弹出框信息中显示。

——显示帮助文件:打开菜单项帮助窗口来显示该帮助信息。

C.3 设置窗口

C.3.1 设置窗口包括设定记录仪和波形参数的输入控制和多个指令按钮。

数字化记录仪参数:

——波形类型:选择波形类型将决定测试波形的形状。一些波形,分析($\times \times$ 个)或测量($\times \times$ Mn),是可用的。你也可以加载自定义波形进行专业测试(见加载自定义文件下面)。

——采样率(样本/秒):选择一个与待验证系统相匹配的样本。程序将不允许设置单个步长产生和输出小于 10 个样本或大于 106 个样本。

——有效分辨率(位数):输入一个整数 n ,这是数字记录仪的有效分辨率(测试波形分辨率的位数)。考虑了记录仪的满刻度分辨率和在满刻度下的信号幅值。例如,如果记录仪是 12 位的,并且信号范围为满刻度的一半,那么有效的分辨率为 11 位,而不是 12 位。此记录仪输出曲线的幅值步长为(最大-最小)/($2^n - 1$)。

——迭加噪声:如果选中此框,一个伪随机白噪声电压就会迭加在波形上。

——噪声(%):是量程范围的最大噪声电压的设定百分比。例如,如果噪声设定为 1 000 kV 范围波形的 1%,则噪声为每个点的噪声电压加在净波形上的介于 0 和 10 kV 之间的均匀分布的随机值。

——保存带有数据的图例:如果选中此框,安装程序的信息和数字化仪设置就会被写在文本数据文件的开始部分进行保存。

——整数输出:如果选中此框,导出的数据文件中的数据是考虑真实比例因数的整数值,而不是实际测量电压值。

C.3.2 按钮:

——更新显示:单击此按钮或点击刷新图形窗口,显示出最新的设置。

——另存为:单击此按钮输出波形是 ASCII 文件。保存的文件格式是从下面的下拉菜单中选择。默认的是两个单列数据,第一列为以秒为单位的时间,第二列为电压或电流值,也可以选择一个逗号分隔符或单列(自定义文件)带有第一行的时间步长格式。如果点击保存带有数据的图例,安装信息将被保存在文件的开始部分。

——保存组:点击此按钮,将保存从当前可视波形开始的一整组波形。该组包括具有相同前缀的波形(LI 或 IC,等)。所有波形以相同的数字记录仪设置进行保存。

——打印:打印信息和波形(通过 Windows)。

——加载自定义文件:提示输入自定义文件名(格式描述见以上)并加载到内存。自定义波形为 ASCII 文件其中以回车分隔(表格列)。第一行是时间步长,后面是标准的十进制或指数表示的数据点序列。

中华人民共和国
国家标准
高电压和大电流试验测量用仪器和软件
第2部分:对冲击电压和冲击电流试验
用软件的要求

GB/T 16896.2—2016

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 54 千字
2016年6月第一版 2016年6月第一次印刷

*

书号: 155066·1-54686 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 16896.2—2016